

# Репетиционный вариант по ФИЗИКЕ

## Вариант № 3

### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1 – A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (B1 – B5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий B1 и B2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B3-B5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (C1 – C6), на которые требуется дать развернутый ответ. Необходимо записать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения.

При выполнении заданий части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

### Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

#### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

**Константы**

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

**Соотношение между различными единицами**

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

**Масса частиц**

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Плотность**

воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	меди	$8900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

**Удельная теплоемкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**Нормальные условия** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$ **Молярная масса**

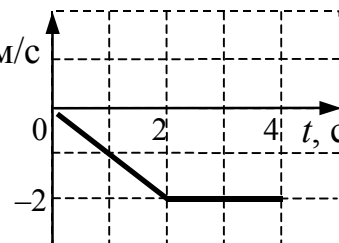
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

## Часть 1

*При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1 – A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.*

**A1**

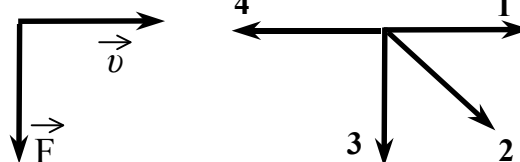
На графике показана зависимость скорости тела от времени. Каков путь, пройденный телом к моменту времени  $t = 4$  с?



- 1) 7 м
- 2) 6 м
- 3) 5 м
- 4) 4 м

**A2**

На левом рисунке представлены вектор скорости и вектор равнодействующей всех сил, действующих на тело в инерциальной системе отсчета. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора ускорения этого тела в этой системе отсчета?



- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

**A3**

К пружине школьного динамометра подвешен груз массой 0,1 кг. При этом пружина удлинилась на 2,5 см. Каким будет удлинение пружины при добавлении еще двух грузов по 0,1 кг?

- 1) 7,5 см
- 2) 5 см
- 3) 10 см
- 4) 12,5 см

**A4**

Тело движется по прямой. Начальный импульс тела равен 50 кг·м/с. Под действием постоянной силы величиной 10 Н за 2 с импульс тела уменьшился и стал равен

- 1) 10 кг·м/с
- 2) 20 кг·м/с
- 3) 30 кг·м/с
- 4) 45 кг·м/с

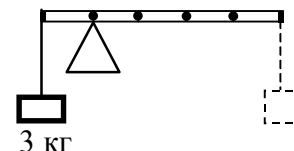
**A5**

Период колебаний потенциальной энергии пружинного маятника 2 с. Каким будет период этих колебаний, если массу груза маятника и жесткость пружины увеличить в 4 раза?

- 1) 1 с
- 2) 2 с
- 3) 4 с
- 4) 0,5 с

**A6**

К левому концу невесомого стержня прикреплен груз массой 3 кг (см. рисунок). Стержень расположили на опоре, отстоящей от груза на 0,2 длины. Груз какой массы надо подвесить к правому концу, чтобы стержень находился в равновесии?



- 1) 0,6 кг                      2) 0,75 кг                      3) 6 кг                      4) 7,5 кг

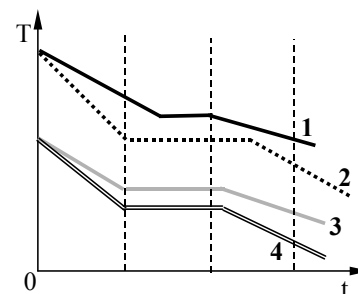
**A7**

Автомобиль совершает поворот на горизонтальной дороге по дуге окружности. Каков минимальный радиус окружности траектории автомобиля при его скорости 18 м/с и коэффициенте трения автомобильных шин о дорогу 0,4?

- 1) 81 м                      2) 9 м                      3) 45,5 м                      4) 90 м

**A8**

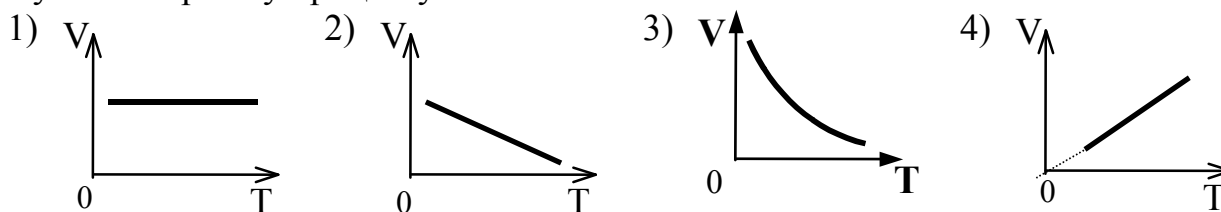
Четыре разные вещества в газообразном состоянии поместили в сосуды и стали охлаждать. На рисунке показаны графики зависимости температуры этих веществ  $T$  от времени  $t$ . Количество вещества во всех сосудах одинаково, мощности тепловых потерь равны. Наибольшее изменение энергии взаимодействия частиц при конденсации происходит у вещества



- 1) 1                      2) 2                      3) 3                      4) 4

**A9**

На рисунках приведены графики зависимости объема 1 моля идеального газа от температуры для различных процессов. Какой график соответствует изобарному процессу?



**A10**

При каком из перечисленных ниже изопроцессов внутренняя энергия постоянной массы идеального газа остается неизменной?

- 1) изохорное нагревание  
2) изотермическое сжатие  
3) изобарное расширение  
4) адиабатное расширение

**A11** Температура медного образца массой 100 г повысилась с  $20^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$ . Какое количество теплоты получил образец?

- 1) 760 Дж                      2) 1520 Дж                      3) 2280 Дж                      4) 3040 Дж

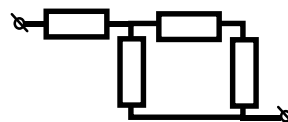
**A12** В тепловой машине температура нагревателя 600 К, температура холодильника на 200 К меньше, чем у нагревателя. Максимально возможный КПД машины равен

- 1)  $\frac{3}{4}$                       2)  $\frac{2}{3}$                       3)  $\frac{1}{2}$                       4)  $\frac{1}{3}$

**A13** Как необходимо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, если заряд одного из них увеличился в 2 раза? Сила их кулоновского взаимодействия осталась неизменной.

- 1) увеличить в 2 раза  
2) уменьшить в 2 раза  
3) увеличить в  $\sqrt{2}$  раз  
4) уменьшить в  $\sqrt{2}$  раз

**A14** В цепи, схема которой изображена на рисунке, сопротивление каждого резистора равно 3 Ом. Полное сопротивление цепи равно



- 1) 12 Ом  
2) 7,5 Ом  
3) 5 Ом  
4) 4 Ом

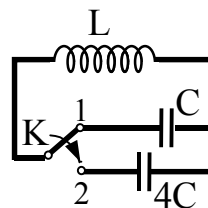
**A15** На рисунке изображен цилиндрический проводник, по которому течет электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции в точке С?



- 1) в плоскости чертежа вверх  
2) в плоскости чертежа вниз  
3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа  
4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа

**A16**

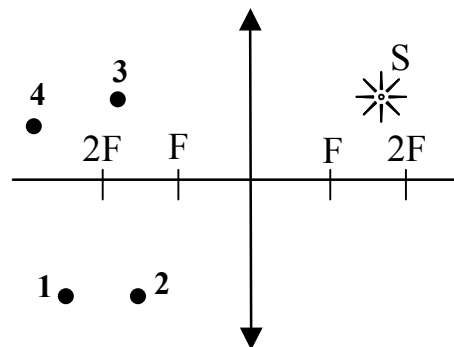
Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ  $K$  перевести из положения 1 в положение 2?



- 1) увеличится в 4 раза
- 2) уменьшится в 4 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) уменьшится в 2 раза

**A17**

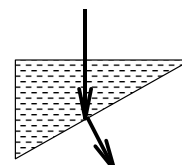
Где находится изображение точки  $S$  (см. рисунок), даваемое тонкой собирающей линзой?



- 1) в точке 1
- 2) в точке 2
- 3) в точке 3
- 4) в точке 4

**A18**

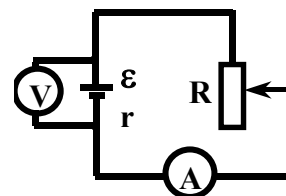
Ученик выполнил задание: «Нарисовать ход луча света, падающего из воздуха перпендикулярно поверхности стеклянной призмы треугольного сечения» (см. рисунок). При построении он



- 1) ошибся при изображении хода луча только при переходе из воздуха в стекло
- 2) ошибся при изображении хода луча только при переходе из стекла в воздух
- 3) ошибся при изображении хода луча на обеих границах раздела сред
- 4) правильно изобразил ход луча на обеих границах раздела сред

**A19**

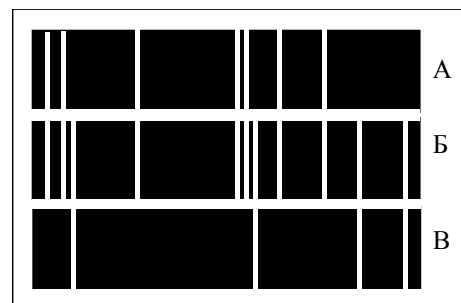
При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр – 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



- 1) 0,5 Ом
- 2) 1 Ом
- 3) 1,5 Ом
- 4) 2 Ом

**A20**

На рисунках А, Б, В приведены спектры излучения газов А и В и газовой смеси Б. На основании анализа этих участков спектров можно сказать, что смесь газов содержит



- 1) только газы А и В
- 2) газы А, В и другие
- 3) газ А и другой неизвестный газ
- 4) газ В и другой неизвестный газ

**A21**

Наблюдение за препаратом актиния массой 1 г показало, что период полураспада ядер атомов актиния  $^{227}_{89}\text{Ac}$  составляет 21,6 года. Это означает, что

- 1) за 21,6 года массовое число каждого атома уменьшится вдвое
- 2) одно ядро актиния распадается каждые 21,6 года
- 3) половина изначально имевшихся ядер актиния распадается за 21,6 года
- 4) все изначально имевшиеся ядра актиния распадутся за 43,2 года

**A22**

В результате столкновения ядра урана с частицей произошло деление ядра урана, сопровождающееся излучением  $\gamma$ -кванта в соответствии с уравнением  $^Y_Z\text{X} + ^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow ^{94}_{36}\text{Kr} + ^{139}_{56}\text{Ba} + ^1_0\text{n} + 5\gamma$ . Ядро урана столкнулось с

- 1) протоном
- 2) электроном
- 3) нейтроном
- 4)  $\alpha$ -частицей

**A23**

Металлическую пластину освещают светом с энергией фотонов 6,2 эВ. Работа выхода для металла пластины равна 2,5 эВ. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?

- 1) 3,7 эВ
- 2) 2,5 эВ
- 3) 6,2 эВ
- 4) 8,7 эВ

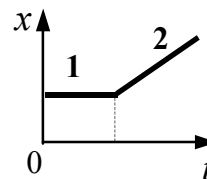
**A24**

Ученик изучал в школьной лаборатории колебания пружинного маятника. Результаты измерений каких двух величин он должен знать, чтобы определить жесткость пружины маятника?

- 1) амплитуду колебаний маятника А и его период колебаний Т
- 2) амплитуду колебаний маятника А и массу m груза
- 3) ускорение свободного падения g и амплитуду колебаний маятника А
- 4) период колебаний маятника Т и массу m груза

**A25**

На рисунке изображен график зависимости координаты бусинки, движущейся по горизонтальной спице, от времени. На основании графика можно утверждать, что



- 1) на участке 1 бусинка покоится, а на участке 2 – движется равномерно
- 2) на участке 1 движение является равномерным, а на участке 2 – равноускоренным
- 3) проекция ускорения бусинки всюду увеличивается
- 4) на участке 2 проекция ускорения бусинки положительна

## Часть 2

*В заданиях В1 и В2 на установление соответствия к каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Затем получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов № 1 без пробелов и других символов. (Цифры в ответе могут повторяться.)*

**В1**

Ядро атома претерпевает спонтанный  $\alpha$ -распад. Как изменяются перечисленные ниже характеристики атомного ядра при таком распаде?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ	ХАРАКТЕР ИЗМЕНЕНИЯ
А) масса ядра	1) не изменяется
Б) заряд ядра	2) увеличивается
В) число протонов в ядре	3) уменьшается

А	Б	В

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).



**B2**

В каких условиях происходят гармонические колебания материальной точки по прямой и движение тела, брошенного под углом к горизонту?

К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ

- А) Материальная точка совершает гармонические колебания по прямой
- Б) Тело брошено под углом к горизонту, сопротивление воздуха ничтожно

- 1)  $\vec{F}_{\text{равнодейств}} = 0$
- 2)  $\vec{F}_{\text{равнодейств}} = \vec{F}_{\text{тяж}}$
- 3)  $g = v^2 / R$
- 4)  $ma_x = -kx$

А	Б

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов).

*Ответом к каждому заданию В3 - В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.*

**B3**

В цилиндре под поршнем находится 1 кг аргона. Какую работу совершает газ при адиабатном расширении, если его температура понижается на 80°C? Ответ выразите в килоджоулях (кДж), округлив его до целых.

**B4**

В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Вычислите по этим данным максимальное значение силы тока в катушке. Ответ выразите в миллиамперах (мА), округлив его до десятых.

**B5**

На главной оптической оси собирающей линзы оптической силой 5 дптр на расстоянии 40 см от нее находится точечный источник света. Каков диаметр светлого пятна на экране, расположенном на расстоянии 20 см за линзой, перпендикулярно ее главной оптической оси? Диаметр линзы 6 см. Ответ выразите в см.

*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1*

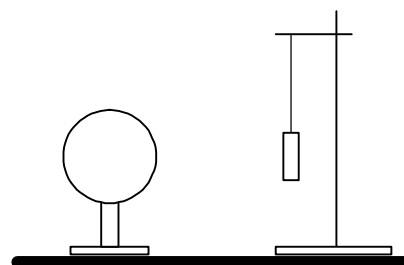
### Часть 3

*Задания C1 – C6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.*

*В задаче C1 следует записать развернутый ответ, поясняющий физические процессы, описанные в задаче и ход ваших рассуждений.*

**C1**

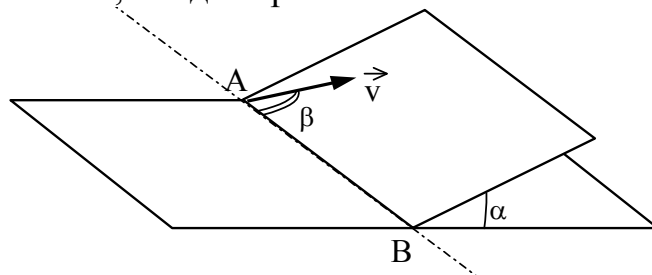
Легкая трубочка из тонкой алюминиевой фольги подвешена к штативу на тонкой шелковой нити. Что произойдет с трубочкой, когда вблизи нее окажется отрицательно заряженный шар? Трубочка не заряжена, длина нити не позволяет трубочке коснуться шара.



**Полное правильное решение каждой из задач С2 – С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**С2**

Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой АВ. Угол между плоскостями  $\alpha = 30^\circ$ . Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки А с начальной скоростью  $v_0 = 2$  м/с под углом  $\beta = 60^\circ$  к прямой АВ. В ходе движения шайба съезжает на прямую АВ в точке В. Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние АВ.



**С3**

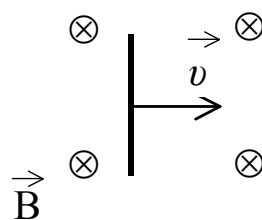
Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки  $400 \text{ кг}$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплавателем) массой  $200 \text{ кг}$ ? Температура окружающего воздуха  $7^\circ\text{C}$ , его плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.

**С4**

Полый металлический шарик массой  $2 \text{ г}$  подвешен на шелковой нити длиной  $50 \text{ см}$ . Шарик имеет положительный заряд  $10^{-8} \text{ Кл}$  и находится в однородном электрическом поле напряженностью  $10^6 \text{ В/м}$ , направленном вертикально вниз. Каков период малых колебаний шарика?

**C5**

Горизонтальный проводник движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна  $0,5$  Тл. Скорость движения проводника горизонтальна и направлена перпендикулярно проводнику (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении  $8 \text{ м/с}^2$  проводник переместился на  $1$  м. ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна  $2$  В. Какова длина проводника?

**C6**

В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью  $C$ . При длительном освещении катода светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $q = 11 \cdot 10^{-9}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите емкость конденсатора  $C$ .

## ***Инструкция по проверке и оценке работ учащихся по физике***

### ***Часть 1***

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>	<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
A1	2	A14	3
A2	3	A15	4
A3	1	A16	4
A4	3	A17	1
A5	2	A18	2
A6	2	A19	4
A7	1	A20	1
A8	2	A21	3
A9	4	A22	3
A10	2	A23	1
A11	2	A24	4
A12	4	A25	1
A13	3		

### ***Часть 2***

<b>№ задания</b>	<b>Ответ</b>
B1	333
B2	42
B3	25
B4	1,6
B5	3

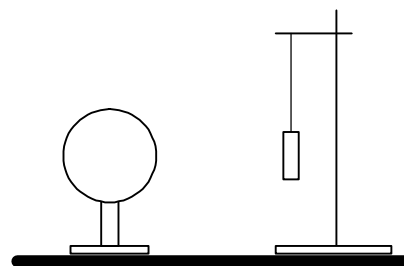
### ***Часть 3***

#### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ**

Решения заданий C1 – C6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**C1**

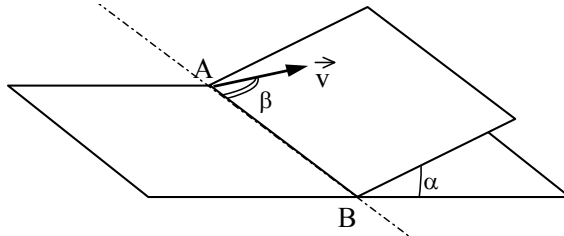
Легкая трубочка из тонкой алюминиевой фольги подвешена к штативу на тонкой шелковой нити. Что произойдет с трубочкой, когда вблизи нее окажется отрицательно заряженный шар? Трубочка не заряжена, длина нити не позволяет трубочке коснуться шара.



Образец возможного решения	
<p>Электрическое поле шара перемещает свободные носители заряда (электроны) в фольге так, что на ближней к шару стороне трубочки оказываются положительные заряды, а на дальней – отрицательные. Но вблизи шара напряженность его поля сильнее, чем вдали, поэтому сила притяжения к шару положительных зарядов окажется больше силы отталкивания отрицательных зарядов. В результате, оставаясь в целом электронейтральной, трубочка притянется к шару, и нить подвеса станет наклонной.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно указано физическое явление или закон (в данном случае — электризация тел, взаимодействие заряженных тел) и получен верный ответ;</li> <li>— проведены рассуждения, приводящие к правильному ответу.</li> </ul>	3
<p>Представлено правильное решение и получен верный ответ, но</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— не указано физическое явление или закон;</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— не представлены рассуждения, приводящие к ответу.</li> </ul>	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Правильно указано физическое явление или закон, но в рассуждениях содержится ошибка, которая привела к неверному ответу.</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Содержится только правильное указание на физическое явление или закон.</li> </ul> <p>ИЛИ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Представлен только правильный ответ.</li> </ul>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2

Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой АВ. Угол между плоскостями  $\alpha = 30^\circ$ . Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки А с начальной скоростью  $v_0 = 2$  м/с под углом  $\beta = 60^\circ$  к прямой АВ. В ходе движения шайба съезжает на прямую АВ в точке В. Пренебрегая трением между шайбой и наклонной плоскостью, найдите расстояние АВ.



### Образец возможного решения

Выбор системы координат: ось  $x$  направлена по прямой АВ, ось  $y$  – вверх по наклонной плоскости перпендикулярно линии АВ (см. рис.).

Проекции вектора ускорения свободного падения  $\mathbf{g}$ :

$$g_x = 0, \quad g_y = -g \sin \alpha.$$

Кинематика движения по наклонной плоскости эквивалентна кинематике движения тела, брошенного под углом  $\beta$  к горизонту, в поле тяжести с ускорением  $g \sin \alpha$ .

Выписывание уравнений движения вдоль осей  $x$  и  $y$  (в известных уравнениях для тела, брошенного под углом  $\beta$  к горизонту, делается замена  $g \rightarrow g \sin \alpha$ ):

$$v_x(t) = v_0 \cos \beta; \quad x(t) = v_0 \cos \beta \cdot t;$$

$$v_y(t) = v_0 \sin \beta - g \sin \alpha \cdot t; \quad y(t) = v_0 \sin \beta \cdot t - \frac{g \sin \alpha}{2} t^2$$

Ответ на вопрос задачи находится из этих уравнений при наложении дополнительных условий.

Условие  $y = 0$  позволяет найти расстояние АВ, исключая время  $t$  из выписанных уравнений для  $x$  и  $y$ :  $AB = \frac{2v_0^2 \sin \beta \cos \beta}{g \sin \alpha} = \frac{2\sqrt{3}}{5}$  (м).

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формулы кинематики для равноускоренного движения, тригонометрические соотношения для проекций величин);</li> <li>— проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</li> </ul>	3
— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.	

ИЛИ — Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ — В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ — Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. ИЛИ — Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

**С3**

Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки  $400 \text{ кг}$  имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплателем) массой  $200 \text{ кг}$ ? Температура окружающего воздуха  $7^\circ\text{C}$ , его плотность  $1,2 \text{ кг/м}^3$ . Оболочку шара считать нерастяжимой.

Образец возможного решения
<p>Шар поднимет груз при условии: <math>(M + m)g + m_{\text{ш}}g = \rho Vg</math>, где <math>M</math> и <math>m</math> — масса оболочки шара и масса груза, <math>m_{\text{ш}}</math> — масса воздуха в шаре и <math>\rho V = m_a</math> — масса такого же по объему воздуха вне шара. Сокращая уравнение на <math>g</math>, имеем: <math>M + m = m_a - m_{\text{ш}}</math>.</p> <p>При нагревании воздуха в шаре его давление <math>p</math> и объем <math>V</math> не меняются. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона-Менделеева,</p> $pV = \frac{m_{\text{ш}}}{\mu}RT_{\text{ш}} = \frac{m_a}{\mu}RT_a,$ <p>где <math>\mu</math> — средняя молярная масса воздуха, <math>T_{\text{ш}}</math> и <math>T_a</math> — его температуры внутри и вне шара. Отсюда: <math>m_{\text{ш}} = m_a \frac{T_a}{T_{\text{ш}}} = \rho V \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}</math>, где <math>\rho</math> — плотность окружающего воздуха;</p> $m_a - m_{\text{ш}} = \rho V \left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right); \quad M + m = \rho V \left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right).$ <p>Следовательно,</p> $\left(1 - \frac{T_a}{T_{\text{ш}}}\right) = \frac{M + m}{\rho V} = \frac{400 + 200}{1,2 \cdot 2500} = 0,2; \quad \frac{T_a}{T_{\text{ш}}} = 1 - 0,2 = 0,8;$ $T_{\text{ш}} = \frac{T_a}{0,8} = \frac{280}{0,8} = 350 \text{ (K)}.$ <p>Ответ: <math>T_{\text{ш}} = 77^\circ\text{C}</math>.</p>



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — формула, выражающая условие плавления тел в газе, и уравнение Менделеева-Клапейрона);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

**С4**

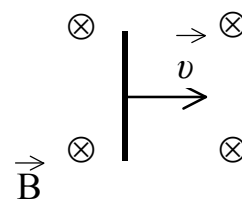
Полый металлический шарик массой 2 г подвешен на шелковой нити длиной 50 см. Шарик имеет положительный заряд  $10^{-8}$  Кл и находится в однородном электрическом поле напряженностью  $10^6$  В/м, направленном вертикально вниз. Каков период малых колебаний шарика?

Образец возможного решения
<p>Период колебаний маятника определяется соотношением <math>T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}}</math>, где <math>a</math> – ускорение шарика в электрическом поле и поле тяготения. По второму закону Ньютона <math>a = \frac{F}{m}</math>.</p> <p>Так как сила тяжести и сила, действующая со стороны электростатического по-</p>

<p>ля, направлены вниз, то <math>F = mg + qE \Rightarrow a = \frac{mg + qE}{m} = g + \frac{q}{m}E</math>.</p> <p><math>a = 10 + \frac{10^{-8}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^6 = 15 \text{ (м/с}^2\text{)}.</math></p> <p><math>T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,5}{15}} \approx 1,15 \text{ (с)}.</math> Ответ: <math>T \approx 1,15 \text{ с}.</math></p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1. правильно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – формулы периода колебаний математического маятника, силы тяжести и силы действия электрического поля на заряд, суперпозиции сил);</p> <p>2. проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>– В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

**C5**

Горизонтальный проводник движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл. Скорость движения проводника горизонтальна и направлена перпендикулярно проводнику (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении  $8 \text{ м/с}^2$  проводник переместился на 1 м. ЭДС ин-



дукции на концах проводника в конце движения равна 2 В. Какова длина проводника?

Образец возможного решения	
<p>ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле</p> $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ <p>Изменение магнитного потока за малое время <math>\Delta t</math> равно</p> $\Delta\Phi = B\Delta S,$ <p>где площадь <math>\Delta S</math> определяется произведением длины проводника <math>l</math> на его перемещение <math>\Delta x</math> за время <math>\Delta t</math> т.е. <math>\Delta\Phi = B l \Delta x</math>.</p> <p>Следовательно, <math> \varepsilon  = \frac{B l \Delta x}{\Delta t} = B l v</math>, где <math>v</math> – скорость движения проводника. В конце пути длиной <math>x</math> скорость проводника <math>v = \sqrt{2ax}</math> (<math>a</math> – ускорение), так что <math> \varepsilon  = B l \sqrt{2ax}</math>, отсюда <math>l = \frac{ \varepsilon }{B \sqrt{2ax}} = 1 \text{ м}</math>.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — закон электромагнитной индукции, формула магнитного потока, формула скорости равноускоренного движения);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
<p>– В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

С6

В вакууме находятся два покрытых кальцием электрода, к которым подключен конденсатор емкостью  $C$ . При длительном освещении катода светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм фототок, возникший вначале, прекращается, а на конденсаторе появляется заряд  $q = 11 \cdot 10^{-9}$  Кл. Работа выхода электронов из кальция  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Определите емкость конденсатора  $C$ .

Образец возможного решения	
<p>Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:</p> $h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}.$ <p>Условие равенства максимальной кинетической энергии электрона потенциальной энергии электрона в электростатическом поле: <math>\frac{mv^2}{2} = eU</math>.</p> <p>Уравнение, связывающее разность потенциалов с зарядом на конденсаторе: <math>q = CU</math>.</p> <p>Решая систему уравнений, получим ответ в общем виде:</p> $C = \frac{qe}{\frac{hc}{\lambda} - A}.$ <p>Ответ: <math>C = 8 \cdot 10^{-9}</math> Ф.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, формула для заряда конденсатора и условие равенства максимальной кинетической энергии фотоэлектрона энергии электрона в электростатическом поле);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>— Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>— В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.</p>	2
— В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических	

<p>преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.</p> <p>ИЛИ</p> <p>– Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.</p> <p>ИЛИ</p> <p>– Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).</p>	0